

Calf Notes.com

Calf Note #277 - Volumen plasmático: la variable oculta en la AEA

Introducción

En nuestro Calf Note anterior, exploramos por qué la eficiencia aparente de absorción (**AEA**) de la inmunoglobulina G (IgG) nunca es 100%, enfatizando el intercambio dinámico entre los espacios intra- y extravascular. Esa discusión destacó una realidad importante: la AEA no es una constante biológica fija, sino más bien una estimación calculada influenciada por varios factores fisiológicos y metodológicos.

Otro componente clave de la AEA es el volumen plasmático (**PV**), que se utiliza para calcular la cantidad total de IgG absorbida en la circulación. El volumen plasmático puede medirse utilizando uno de varios métodos, o estimarse utilizando el peso corporal (**BW**), ya que se ha demostrado que el PV está altamente relacionado con el BW en muchas especies de animales. Sin embargo, la variación en el PV es importante para nuestra comprensión de la AEA y – de manera importante – la variación en el cálculo de la AEA.

Volumen plasmático: Suposición vs. Realidad

En la mayoría de los estudios de transferencia pasiva, el volumen plasmático se asume como una proporción fija del BW, típicamente entre 7% y 10% del BW. Esta suposición simplifica los cálculos de la AEA, ya que el PV es necesario para convertir la concentración sérica de IgG (g/L) en masa total de IgG circulante. Sin embargo, el PV no es fijo. Es una variable biológica que cambia con el estado de hidratación, la alimentación, la edad y la adaptación fisiológica después del nacimiento. Tratar el PV como una constante introduce error en los cálculos de la AEA—error que puede ser sustancial dependiendo de las condiciones.

Medición del volumen plasmático: Métodos y limitaciones

Los investigadores han utilizado varias técnicas para estimar el volumen plasmático en terneros neonatos, incluyendo métodos de dilución con colorantes y métodos isotópicos.

Colorante Azul de Evans. El enfoque más común utiliza el colorante Azul de Evans (EBD), que se une a la albúmina y se asume que permanece dentro del espacio vascular. Después de la inyección, se recolectan muestras de sangre y el PV se calcula en función de la dilución. Sin embargo, este método tiene limitaciones, incluyendo el tiempo de equilibrio. Típicamente, se utiliza un período de 10 minutos antes del muestreo. Durante este tiempo, parte del colorante puede salir del espacio vascular o ser metabolizado o redistribuido. Por lo tanto, muchos investigadores incluyen un factor de corrección para tener en cuenta esta pérdida de colorante durante el período de equilibrio (por ejemplo, Quigley et al., 1998a).

Otros investigadores han medido repetidamente las concentraciones de EBD después de inyectar la dosis inicial en el animal. Luego pueden trazar una línea de regresión y estimar la cantidad en el tiempo cero (es decir, intercepto), lo que corrige el error de equilibrio.

Otros investigadores han utilizado isótopos radiactivos como proteínas marcadas con ¹³¹I (por ejemplo, Möllerberg et al., 1975) para estimar el PV. Por supuesto, estos enfoques son más difíciles de manejar y ya no se implementan comúnmente.

La relación entre BW y PV (mililitros) en terneros jóvenes se muestra en la Figura 1, que proviene de Quigley et al. (1998a).

En este estudio, informamos que el PV estaba relacionado con el BW al nacimiento, la raza (Holstein o Jersey) y la edad al momento del muestreo. La ecuación de regresión fue:

$$PV = -2393.1 + 68.09 \times BW + 404.1 \times \text{raza} + 127.3 \times \text{edad}$$

Donde BW es el peso corporal del ternero, kg; raza es 0 = Jersey, 1 = Holstein; edad = horas de edad. El r^2 de la regresión = 0.60.

Generalmente, la relación entre BW y PV es mayor que 0.80; en este estudio, trabajamos con terneros de un día de edad que estaban experimentando una expansión rápida y variable del PV debido al consumo de calostro, absorción de grandes cantidades de proteína, grasa y lactosa – todos los cuales pueden influir en la dinámica de los fluidos corporales y el PV total. Nuestros datos – sin ajustar por error experimental – informaron que el PV era 9.9% del BW para terneros Holstein y 9.71% del BW para terneros Jersey. Cuando se corrigió por la pérdida de EBD durante el período de equilibrio, los valores fueron 9.0% y 8.8% del BW, respectivamente.

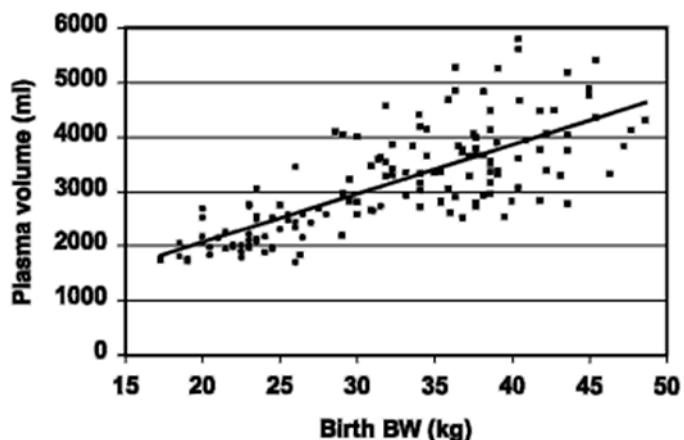


Figure 1. Relationship between plasma volume (milliliters) and birth BW of Jersey (●) and Holstein (■) calves.

Rango de volúmenes plasmáticos reportados

Una revisión de la literatura sobre calostro en terneros muestra que los valores de PV asumidos o medidos típicamente varían desde ~7% del BW hasta >14% del BW. Interesantemente, Matte et al. (1982) alimentaron a los terneros con una sola toma de calostro a las 6, 12, 24, 36 o 48 h de edad. Midieron el PV a las 6 h post-alimentación y reportaron que el PV, medido utilizando EBD, disminuyó de 14.5% del BW cuando se midió a las 12 h de edad, a 9.2% a las 54 h de edad. McEwan et al. (1968) reportaron que el PV en terneros (n = 5) que consumieron calostro aumentó de 6.6% a 9.3% del BW, y, en terneros alimentados con leche en lugar de calostro, el PV aumentó de 6.3% a 8.7% del BW. No hubo diferencia entre alimentación con leche o calostro, pero sí un gran efecto del consumo de líquidos. El volumen plasmático se midió a las 72 h de edad en este estudio. Este rango puede parecer modesto, pero su impacto en la AEA es significativo.

La Tabla 1 muestra una muestra de estudios publicados y los rangos en PV reportados. Está claro que existe una variación significativa en las estimaciones publicadas – desde 5.3% hasta 14.5% del BW como PV. PV = volumen plasmático, % del BW.

El impacto de la alimentación y la hidratación en el PV

El volumen plasmático no es estático en el ternero neonato—cambia rápidamente después del nacimiento, particularmente en respuesta a la alimentación.

Algunos factores que influyen en la dinámica de los fluidos en el ternero, y

Author	No calves	Method	Breed	BW, kg	Age, h	PV				
Matte et al. (1982)	40	EBD	Holstein		12	14.5				
					18	13.9				
					24	12.0				
McEwan et al. (1968)	13	EBD			Prefeed	6.4				
					Postfeed	9.0				
Möllerberg et al. (1975)	9	¹³¹ I	Swedish	33.0	Birth	5.3				
					EBD	34.0	1	6.5		
					EBD	96.0	90	4.9		
Dalton and Edwards, 1961	102	EBD	Ayrshire		1-3 wk	6.6				
Cabral et al. (2015)	28	EBD	Holstein	46.6	6	7.9				
					12	8.9				
					18	8.4				
Quigley et al. (1998a)	49	EBD	Jersey	23.4	24	8.8				
					97	EBD	Holstein	36.7	24	9.0
Thornton and English (1975)		EBD			~7 d	7.9				
Quigley et al. (1998b)	20	EBD	Holstein	40.5	24	9.2				
Drewry et al. (1999)	43	EBD	Holstein		25	8.5				
Husband et al. (1973)		EBD	Holstein	40.0	24	6.3				

PV = plasma volume, % of BW

en consecuencia en el PV, incluyen la alimentación con líquidos (calostro, leche, reemplazador de leche), lo que incrementa la ingesta de fluidos. La absorción de fluidos expande el PV y puede ocurrir dentro de horas después de la alimentación. Como resultado, un ternero muestreado a las 24 horas puede tener un PV diferente que el mismo ternero a las 32 o 48 h. Alimentaciones adicionales (por ejemplo, reemplazador de leche después del calostro) influyen aún más en el PV. Por lo tanto, la variación en la forma en que se alimentan los terneros durante un ensayo de investigación introduce variabilidad adicional.

Esto significa que el PV en el momento del muestreo de sangre es un objetivo en movimiento.

Momento del muestreo de sangre: otra capa de variación

El momento de la medición de IgG sérica es otro factor crítico. Los tiempos de muestreo comunes incluyen 24, 28–32 h y 48 h. Sin embargo, estos puntos de tiempo no son fisiológicamente equivalentes. La absorción y redistribución continua de IgG puede ocurrir, y el PV puede expandirse debido a la alimentación continua. La IgG absorbida puede moverse hacia compartimentos extravasculares con tiempos de muestreo más tardíos. Parte de la IgG puede ser metabolizada y filtrada por el riñón para su excreción en la orina.

Si los terneros no se manejan de manera idéntica entre el nacimiento y el muestreo (por ejemplo, diferencias en la alimentación con reemplazador después del calostro), entonces la concentración sérica de IgG medida refleja tanto la masa de IgG como el PV en ese momento, y las diferencias en PV pueden ocultar diferencias reales en la absorción de IgG.

Implicaciones para los cálculos de AEA

La AEA se calcula típicamente como:

$$\text{AEA (\%)} = [\text{IgG sérica (g/L)} \times \text{Volumen plasmático (L)}] / \text{Ingesta de IgG (g)} \times 100$$

Cada componente conlleva incertidumbre:

IgG sérica → influenciada por el momento y el método analítico

Ingesta de IgG → a menudo estimada, no medida directamente

Volumen plasmático → asumido o medido imperfectamente

Entre estos, el PV a menudo se trata como el más “seguro”—cuando en realidad puede ser una de las mayores fuentes de error. La decisión de usar un factor específico para PV (por ejemplo, 7% vs. 10% del BW) tiene implicaciones para los valores finales.

La Tabla 2 muestra el efecto de calcular el PV como 10% del BW frente a 5.5% del BW para un ternero de 40 kg alimentado con 150 g de IgG y con una concentración sérica de IgG de 15 g/L. La AEA calculada disminuye de 40% a 22% simplemente en función del factor de multiplicación seleccionado. Esta es una consideración importante para cualquier investigación que informe datos de absorción de IgG.

Integrando todo

Cuando interpretamos los valores de AEA, debemos reconocer que no son mediciones precisas, sino estimaciones derivadas de un sistema biológico dinámico.

La variación en el volumen plasmático surge de:

- Diferencias biológicas entre terneros
- Estado de alimentación e hidratación
- Momento del muestreo
- Diferencias metodológicas en la medición (por ejemplo, colorante vs. isótopo, con

PV	BW	Serum IgG	IgG Intake	AEA
10.0%	40	15	150	40%
9.5%	40	15	150	38%
9.0%	40	15	150	36%
8.5%	40	15	150	34%
8.0%	40	15	150	32%
7.5%	40	15	150	30%
7.0%	40	15	150	28%
6.5%	40	15	150	26%
6.0%	40	15	150	24%
5.5%	40	15	150	22%

corrección vs. sin corrección)

- Suposiciones utilizadas en los cálculos

Estos factores pueden alterar significativamente la AEA calculada—aun cuando la biología subyacente de la absorción de IgG no haya cambiado.

Puntos prácticos clave

- El volumen plasmático no es una constante; es una variable dinámica
- Los valores de PV asumidos (7–9.8% del BW) pueden afectar significativamente la AEA calculada
- Los métodos utilizados para medir el PV (por ejemplo, Azul de Evans) introducen variabilidad
- El estado de alimentación e hidratación antes del muestreo influye en el PV
- El momento del muestreo de sangre añade otra capa de variación
- Las diferencias en AEA entre estudios pueden reflejar tanto la metodología como la biología

Recomendaciones de investigación

La selección de un factor de PV debe considerar la raza y el momento de la alimentación y del muestreo. Los datos de Cabral et al. (2015) y Quigley et al. (1998a) sugieren que un factor de aproximadamente 9% del BW para terneros Holstein muestreados a las 24 h de edad es apropiado.

Los programas de alimentación deben ser estrechamente controlados y reportados con precisión. Alimentaciones adicionales de calostro u otros líquidos antes del muestreo de sangre introducirán variabilidad en los cálculos.

El muestreo en un punto de tiempo fijo – preferiblemente a las 24.00 h de edad en estudios de alimentación con calostro – ayudará a reducir el error en los cálculos de PV.

Si se utiliza EBD, se recomienda el factor de corrección de 10 minutos de Quigley et al. (1998a) de 0.906.

Resumen

El volumen plasmático es un componente crítico—pero a menudo subestimado—de los cálculos de AEA. Debido a que el PV es dinámico y difícil de medir con precisión, introduce variabilidad inherente en las estimaciones de absorción de IgG. Reconocer las limitaciones de las suposiciones sobre el PV y las técnicas de medición nos ayuda a interpretar mejor los valores de AEA—no como verdades fijas, sino como aproximaciones dentro de un sistema fisiológico complejo y en evolución.

Comprender y considerar el volumen plasmático mejorará nuestra capacidad para evaluar la transferencia pasiva y refinar la forma en que interpretamos los datos de IgG sérica en terneros neonatos.

Referencias

- Cabral, R. G., C. E. Chapman, E. J. Kent, and P. S. Erickson. 2015. Estimating plasma volume in neonatal Holstein calves fed one or two feedings of a lacteal-based colostrum replacer using Evans blue dye and hematocrit values at various time points. *Can. J. Anim. Sci.* 95:293-298.
- Chigerwe, M., D. M. Coons, and J. V. Hage. 2012. Comparison of colostrum feeding by nipple bottle versus oesophageal tubing in Holstein dairy bull calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 241:104–109.
- Dalton, R. G., and E. W. Fisher. 1961. Plasma and blood volume in Ayrshire cattle. *Br. Vet. J.* 117:115-119.
- Drewry, J. J., J. D. Quigley, III., D. R. Geiser, and M. G. Welborn. 1999. Effects of high arterial carbon dioxide tension on efficiency of immunoglobulin G absorption in calves. *Am. J. Vet. Res.* 60:609-614.
- Husband, A. J., M. R. Brandon, and A. K. Lascelles. 1973. The effect of corticosteroid on absorption and endogenous production of immunoglobulins in calves. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.* 51:707.

- Matte, J. J., C. L. Girard, J. R. Seoane, and G. J. Brisson. 1982. Absorption of colostrum immunoglobulin G in the newborn dairy calf. *J. Dairy Sci.* 65:1765—1770.
- McEwan, A. D., E. W. Fisher, and I. E. Selman. 1968. The effect of colostrum on the volume and composition of the plasma of calves. *Res. Vet. Sci.* 9:284-286.
- Möllerberg, L., L. Ekman and S. Jacobsson. 1975. Plasma and blood volume in the calf from birth till 90 days of age. *Acta Vet Scand.* 16:178-185.
- Quigley, J. D. III, J. J. Drewry, and K. R. Martin. 1998a. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81:1308-1312.
- Quigley, J. D., III, D. L. Fike, M. N. Egerton, J. J. Drewry, and J. D. Arthington. 1998b. Effects of a colostrum replacement product derived from serum on immunoglobulin G absorption by calves. *J. Dairy Sci.* 81:1936-1939.
- Thornton, J. R., and P. B. English. 1978. Body water of calves: Change in distribution with diarrhoea. *Br. Vet. J.* 134:445-453.

Escrito por Dr. Jim Quigley (28 de abril de 2026)
© 2026 Calf Notes Consulting, LLC
Calf Notes.com (<https://calfnotes.com>)